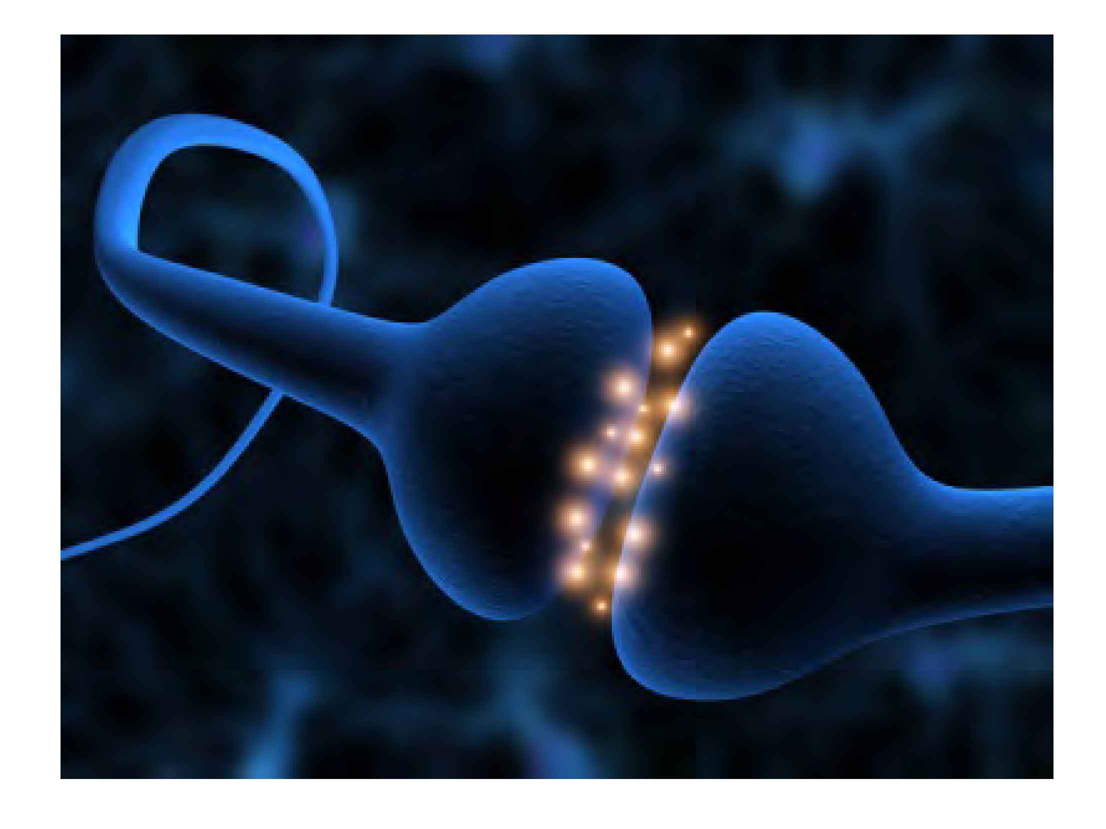
LA TRANSMISSION SYNAPTIQUE NEURO-NEURONALE



I- INTRODUCTION

Dans le système nerveux central la transmission synaptique entre les neurones correspond au transfert de l'information (communication).

Le neurone reçoit des informations à partir de plusieurs autres neurones au niveau de sites spécifiques appelées synapses,

La synapse correspond donc à une zone ou 2 cellules excitables rentrent en contact.

Classification des synapses:

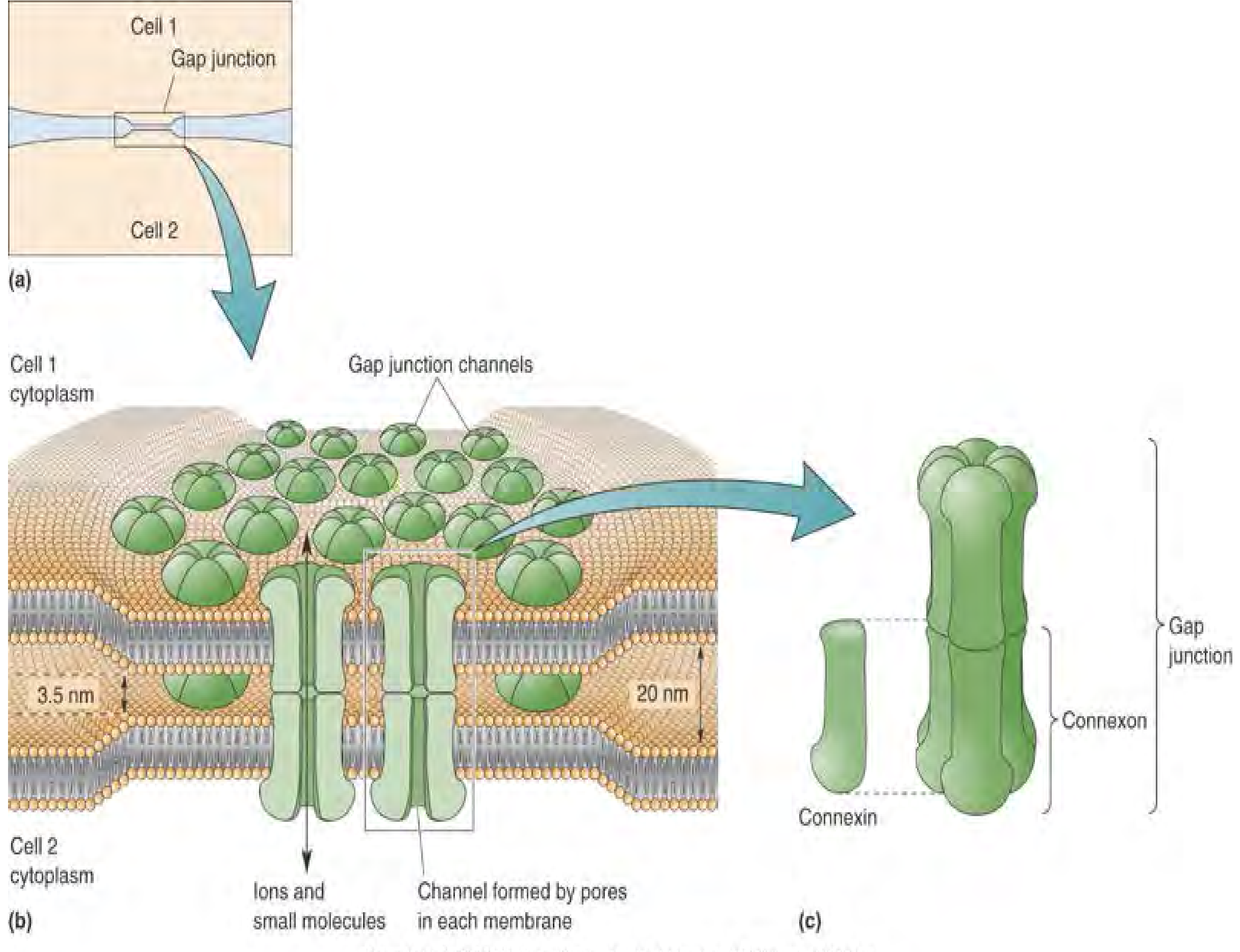
Plusieurs classifications peuvent être proposées en fonction des différences morphologiques et fonctionnelles

Selon le mode de transmission synaptique mise en jeu on peut classer les synapses en deus grandes familles :

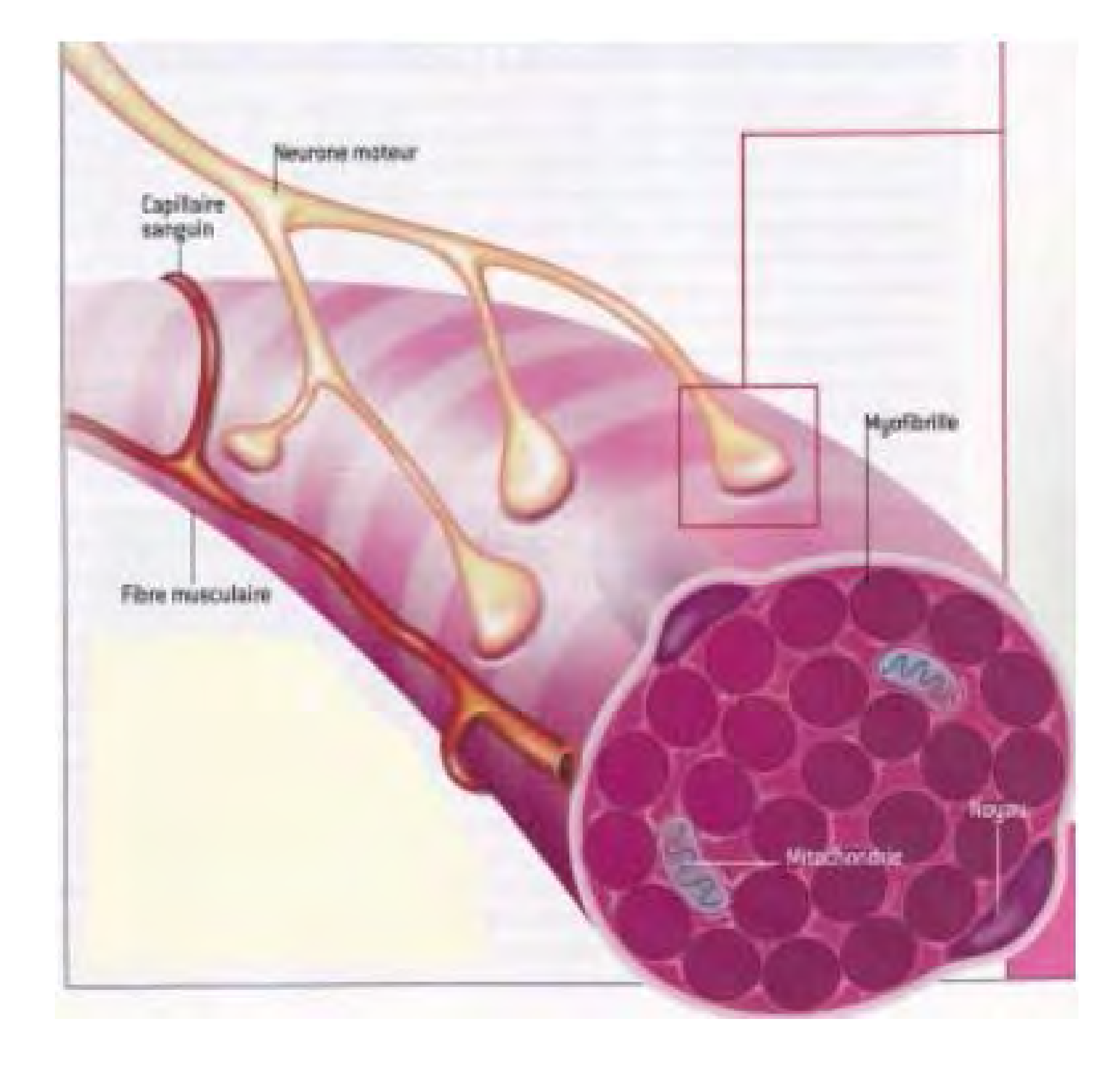
-Synapse électrique

-Synapse chimique

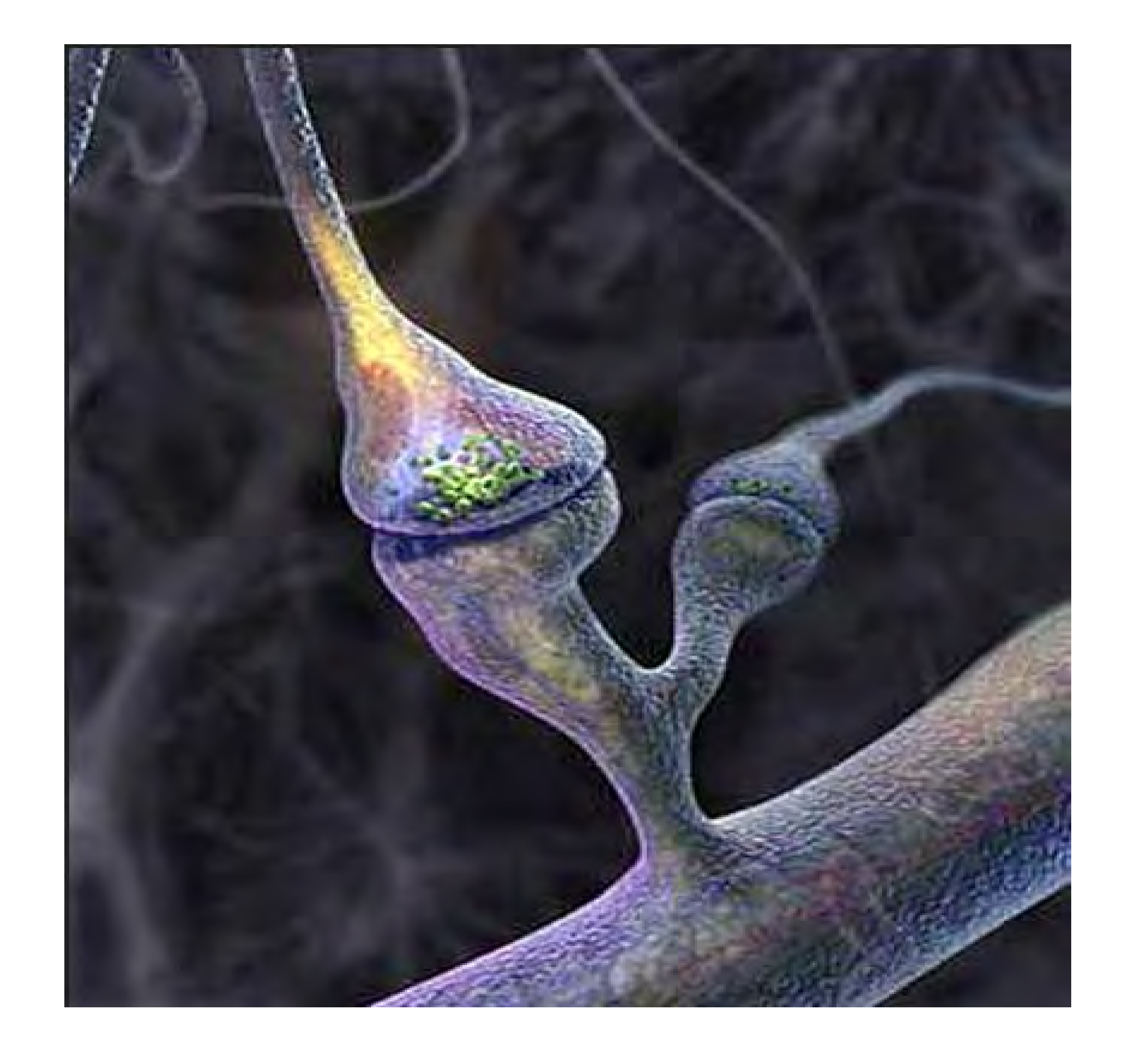
- S. neuro neuronale
- S. neuro musculaire
- S.Neuro glandulaire


Cell 1
Gap junction
Cell 2
(a)
Cell 1 cytoplasm
Gap junction channels
3.5 nm
20 nm
Cell 2 cytoplasm
Ions and small molecules
Channel formed by pores in each membrane
(b)
Gap junction
Connexon
Connexin
(c)

Synapse neuro-musculaire



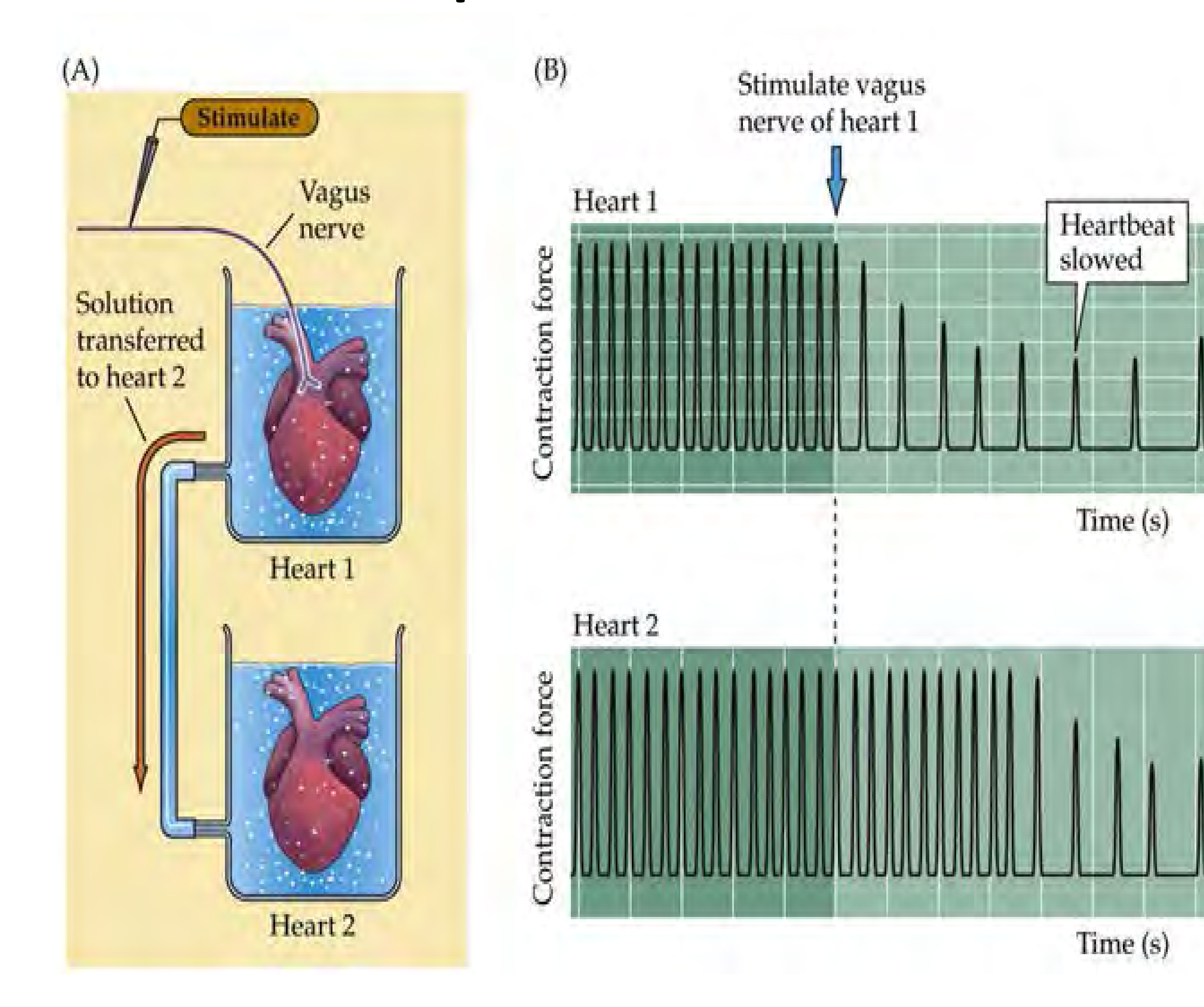
Synapse neuro-neuronale



Au niveau de la synapse neuro-neuronale

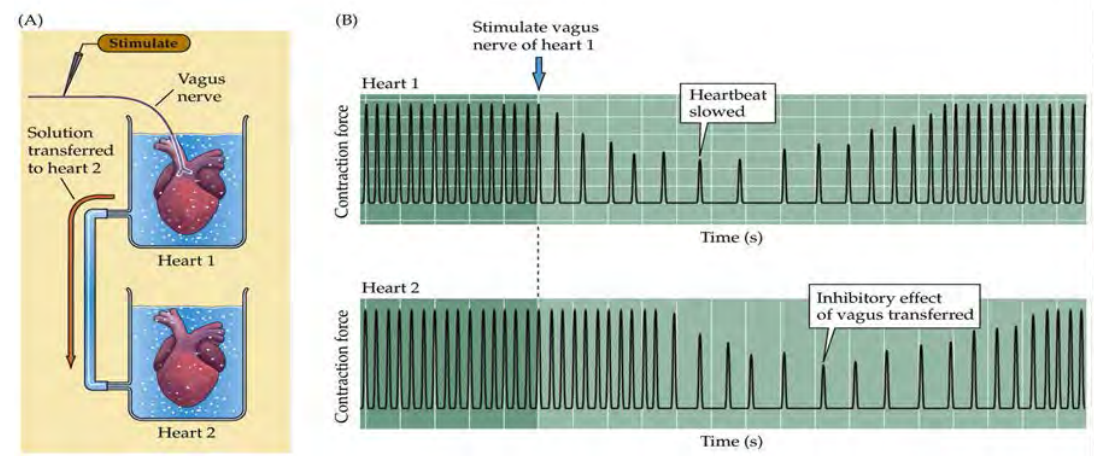
Le transfert de l'information se fait par l'intermédiaire de substances chimiques appelée neurotransmetteurs ou neuromédiateurs.

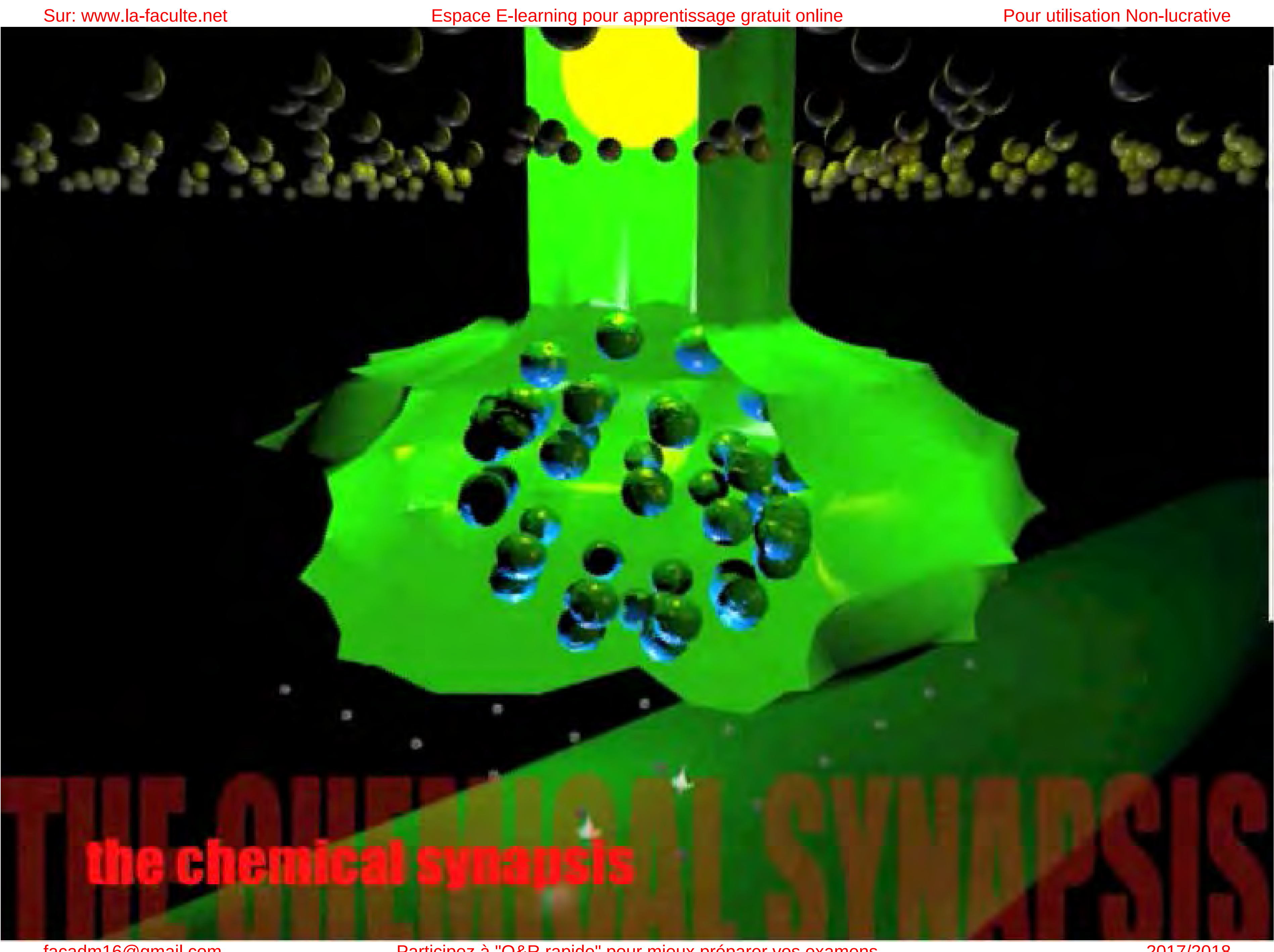
Expérience de Loewi 1921



Expérience de Loewi 1921

- Stimulation du premier cœur par le nerf vague ce qui entraîne un ralentissement de la fréquence cardiaque.
- Perfusion du deuxième cœur par le liquide de Ringer qui provient du premier ce qui entraîne le ralentissement de la fréquence cardiaque du second coeur
- Conclusions
  - **Une substance libérée par le 1ier cœur suite à la stimulation du nerf vague a le même effet que la stimulation du nerf**
  - **Mise en évidence de la transmission synaptique par un médiateur chimique**

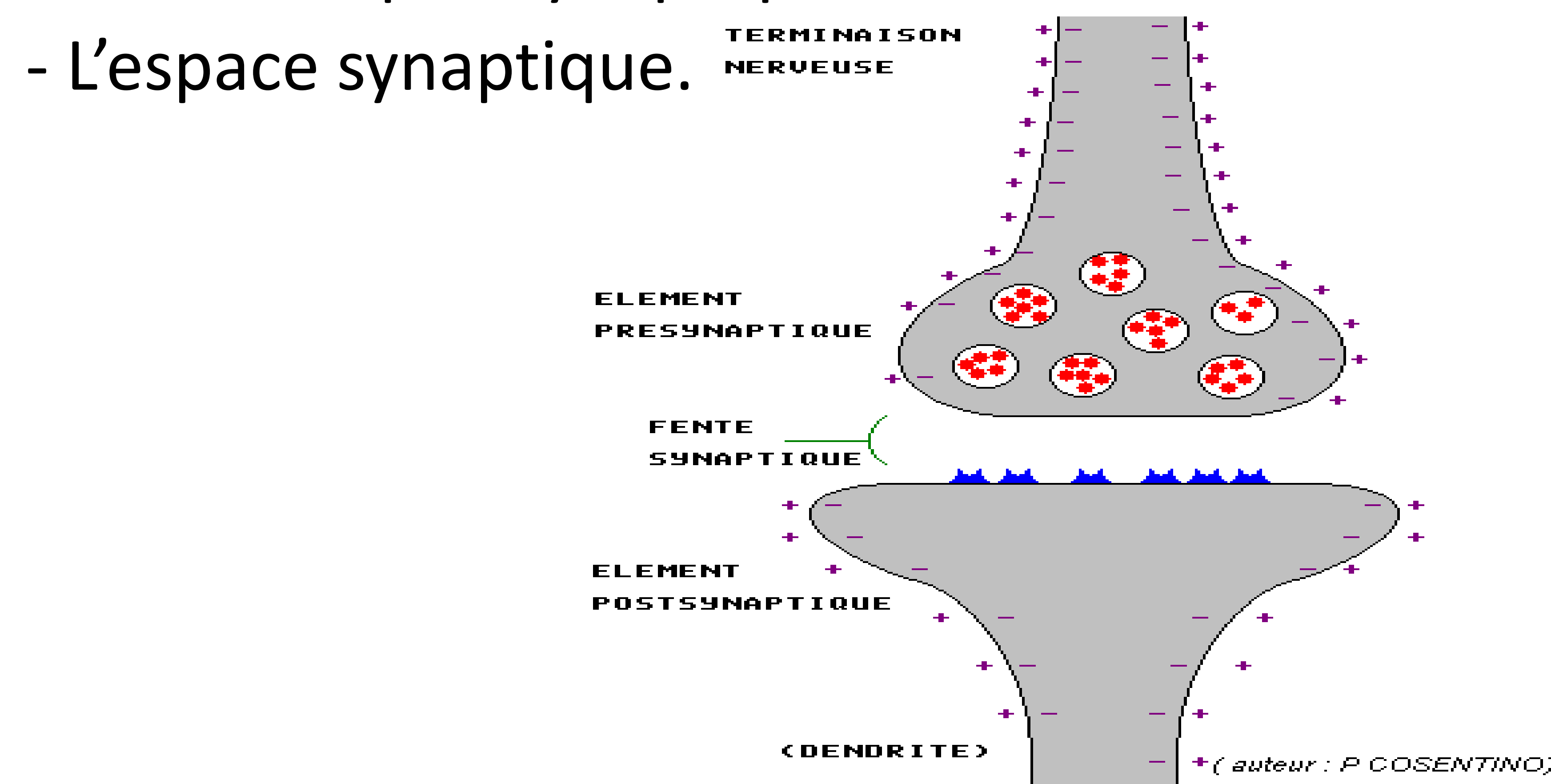



THE CHEMICAL SYNAPSIS
the chemical synapsis

II- Structure synaptique et type de synapse

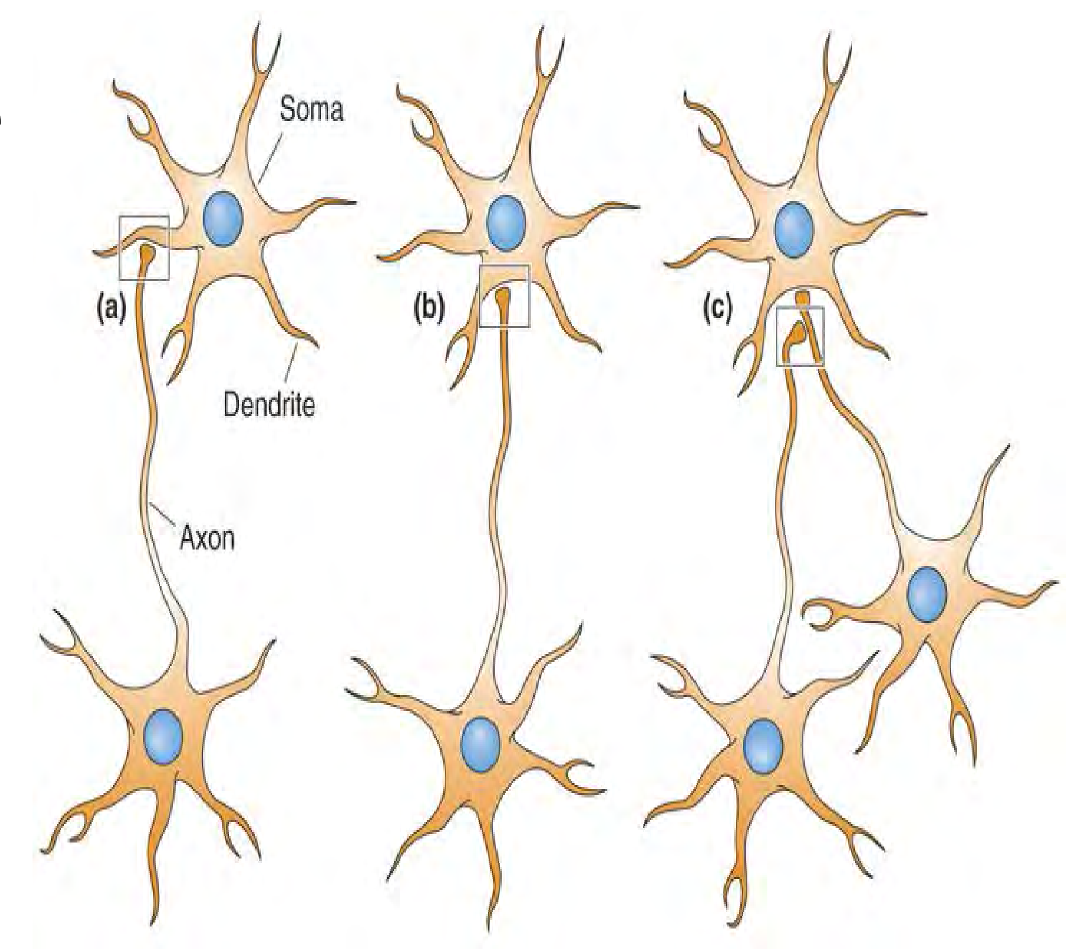
La synapse est constituée de 3 éléments

- L'elément présynaptique
- L'elément postsynaptique.
- L'espace synaptique.



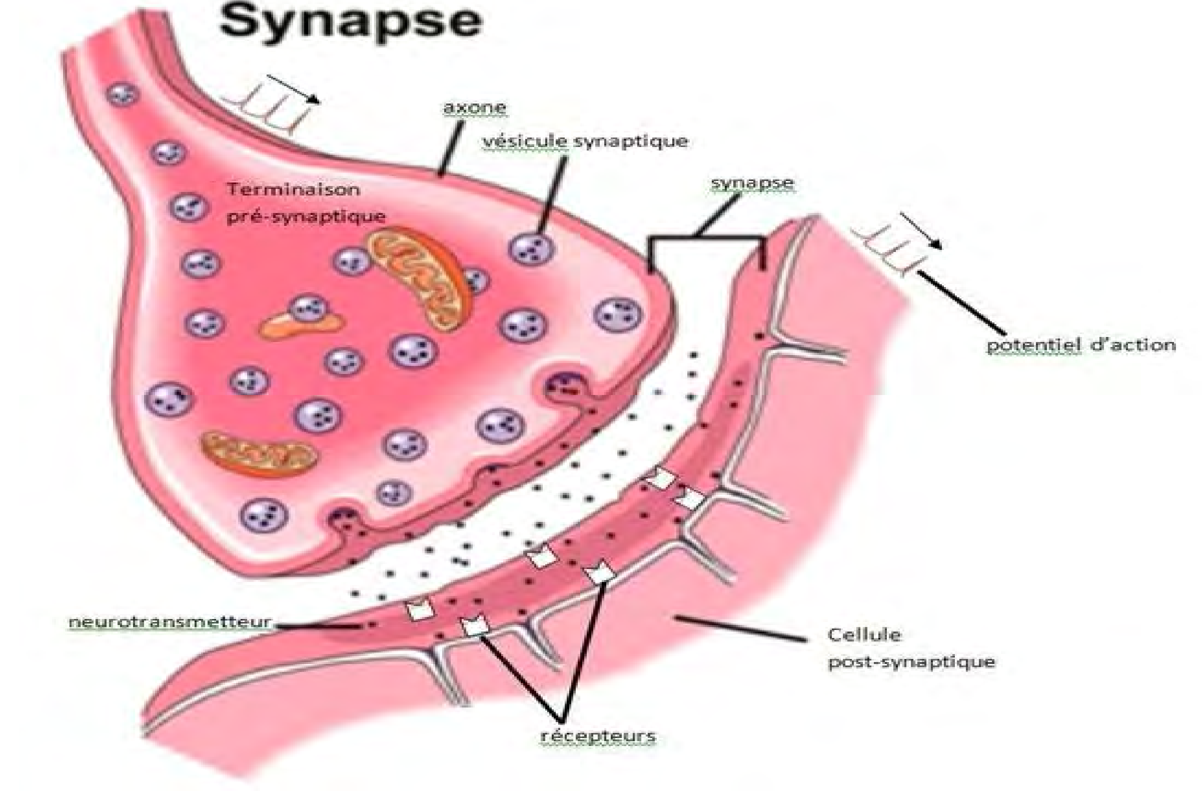
- Selon la localisation de la partie post synaptique on distingue :

- S. axo-dendritique
- S. axo-somatique
- S. axo-axonale.

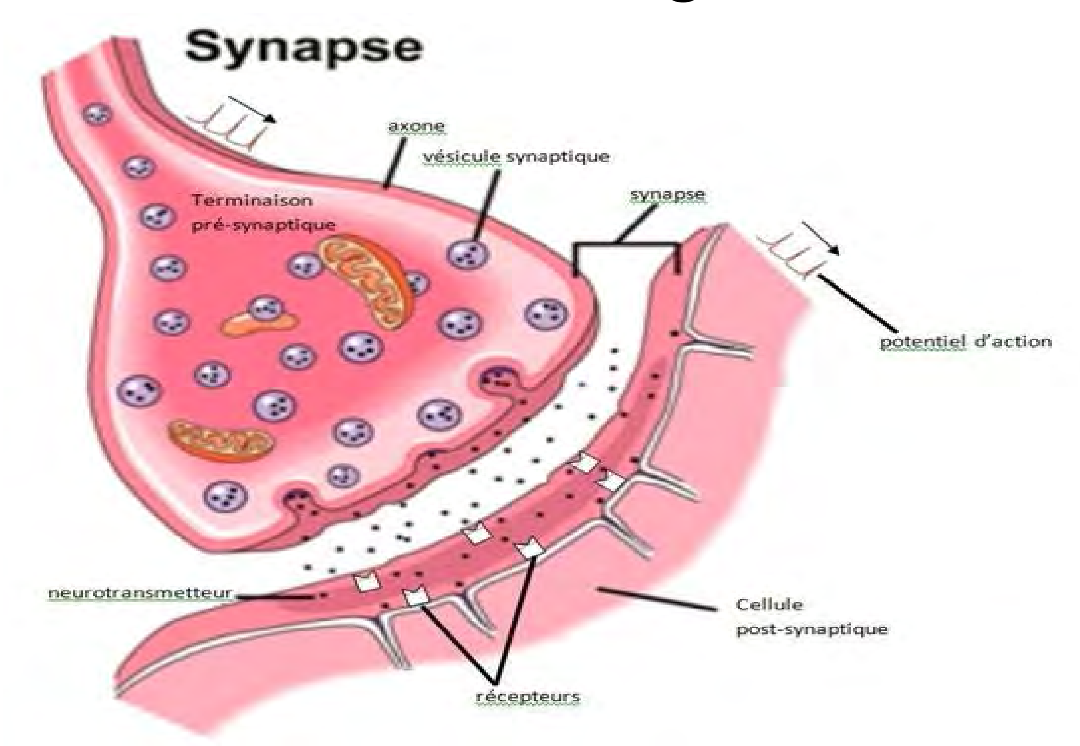


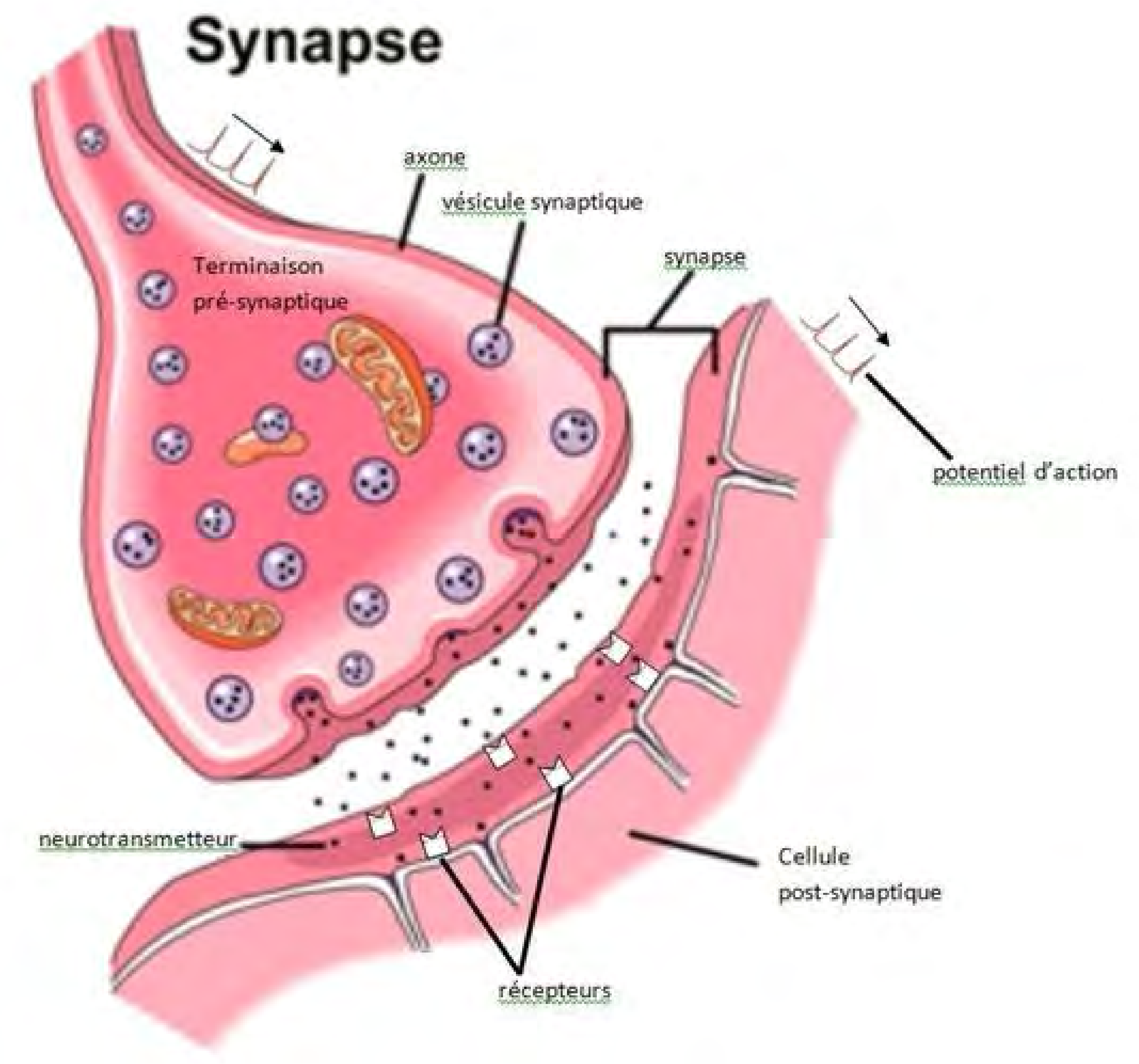
- A l'extrémité de la membrane présynaptique on trouve les vésicules synaptiques.

- Elles contiennent les neurotransmetteurs qui lorsqu'ils sont libérés dans la fente synaptique, vont stimuler ou inhiber l'élément post synaptique.



- Les sites de libération des NT = zones actives.
- L’élément postsynaptique se caractérise par une région dense appelée densité postsynaptique elle contient les récepteurs des neurotransmetteurs.
- Les éléments pré et postsynaptique sont séparés par l’espace synaptique de 20-50 nm de large.

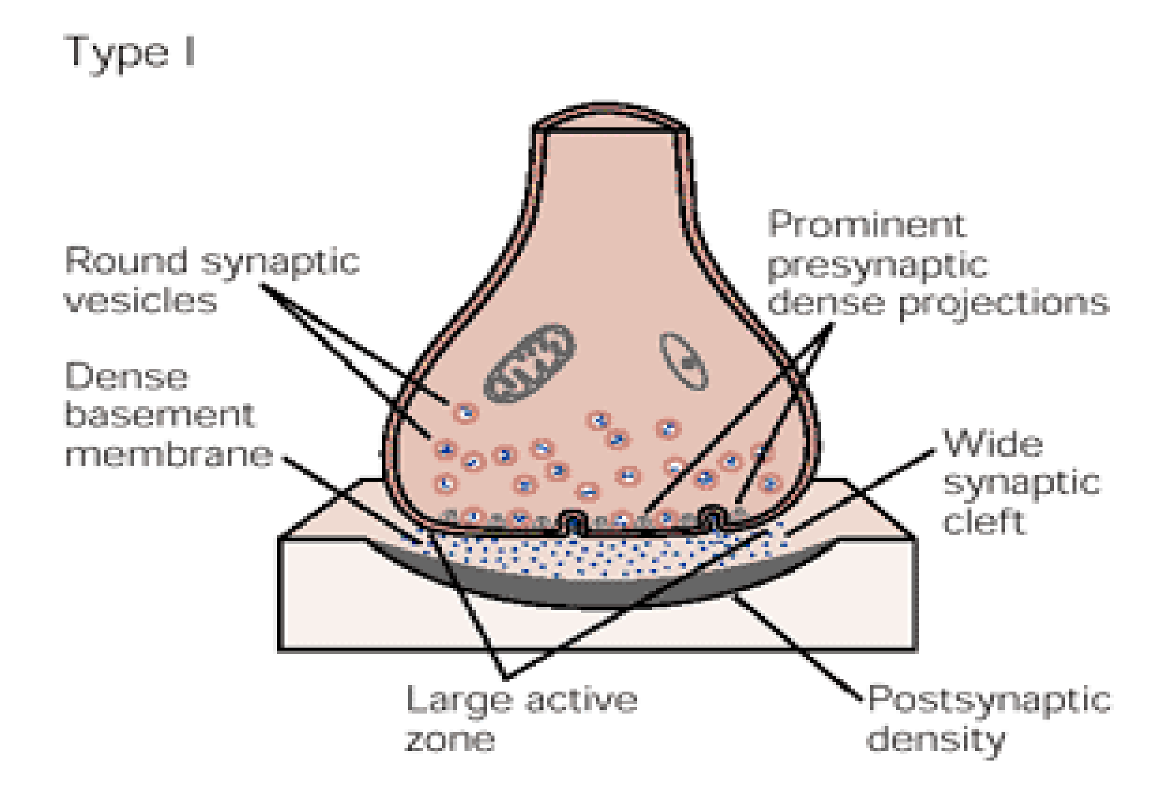



Synapse
axone
vésicule synaptique
synapse
Terminaison
pré-synaptique
potentiel d'action
neurotransmetteur
Cellule
post-synaptique
récepteurs

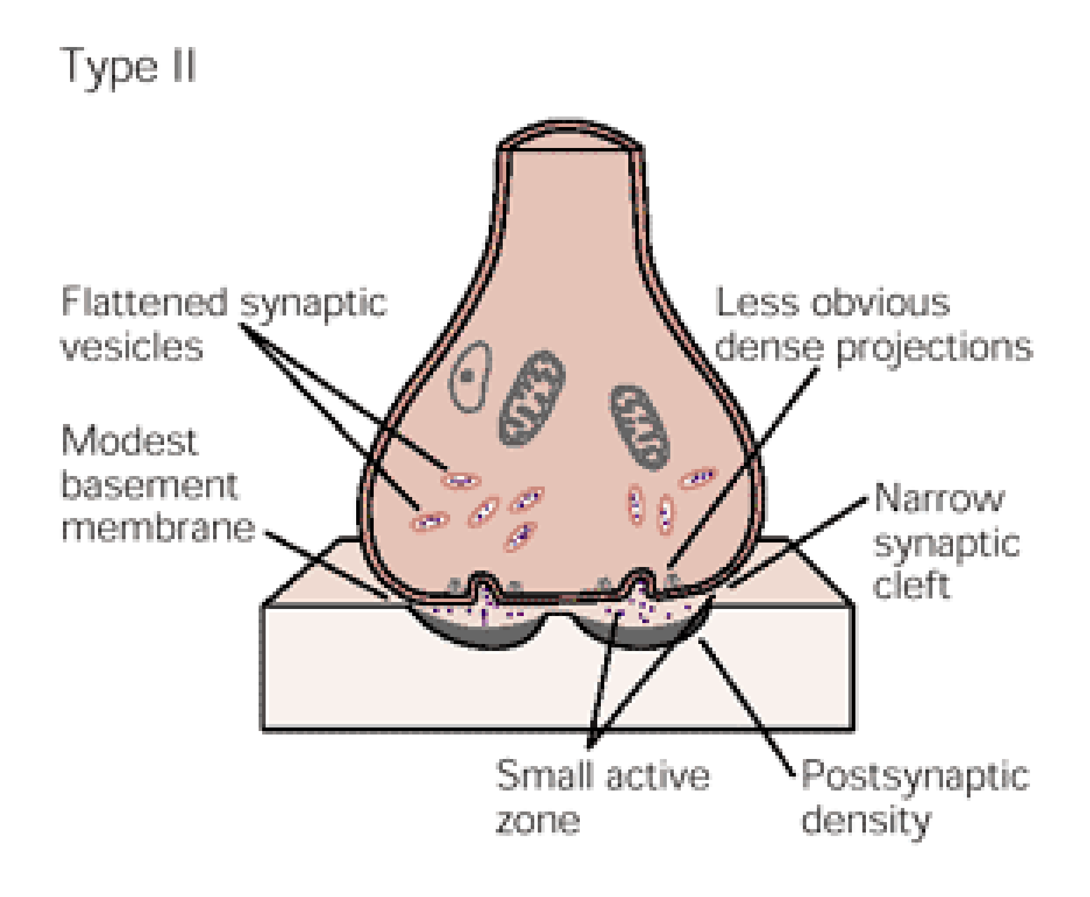
- Morphologiquement on peut distinguer selon les différences membranaires pré et postsynaptique

2 types de synapses :

- Gray type I : densité pré et postsynaptique importante et zone actives larges , sont en général excitatrices



- Gray type II :
- densité pré et post synaptique moins importante
- en général inhibitrices



L'arrivée du potentiel d'action peut déterminer 2 types de variations dans l'élément post synaptique

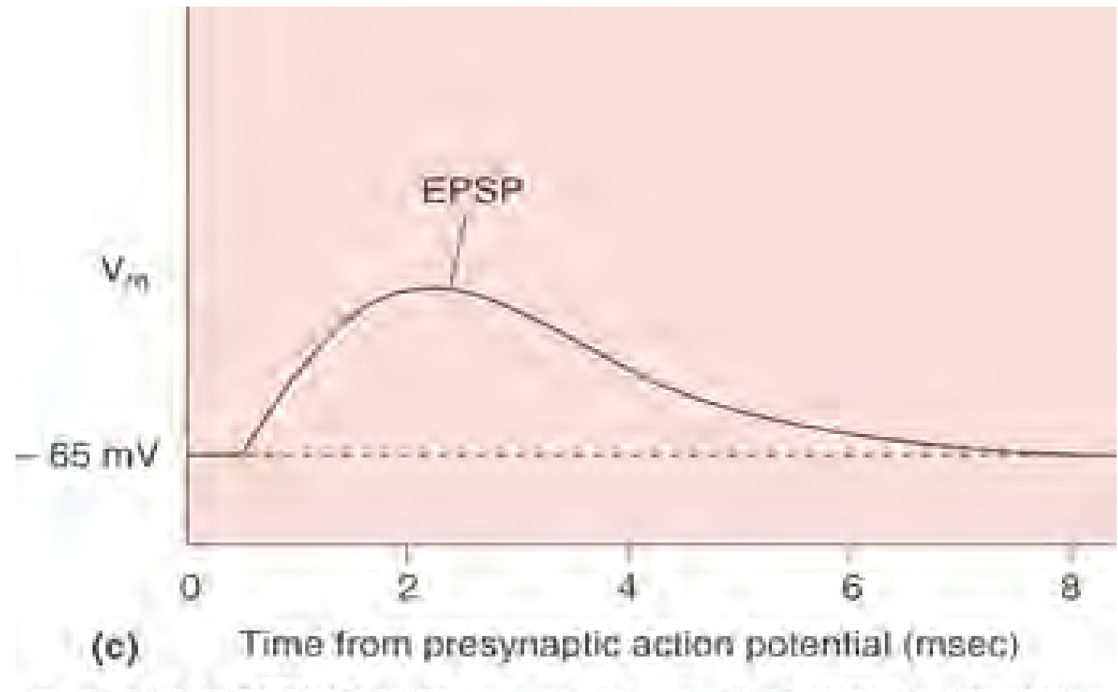
Selon la nature du neurotransmetteur et

Selon le type de récepteurs post synaptiques :

UNE DÉPOLARISATION OU UNE HYPERPOLARISATION

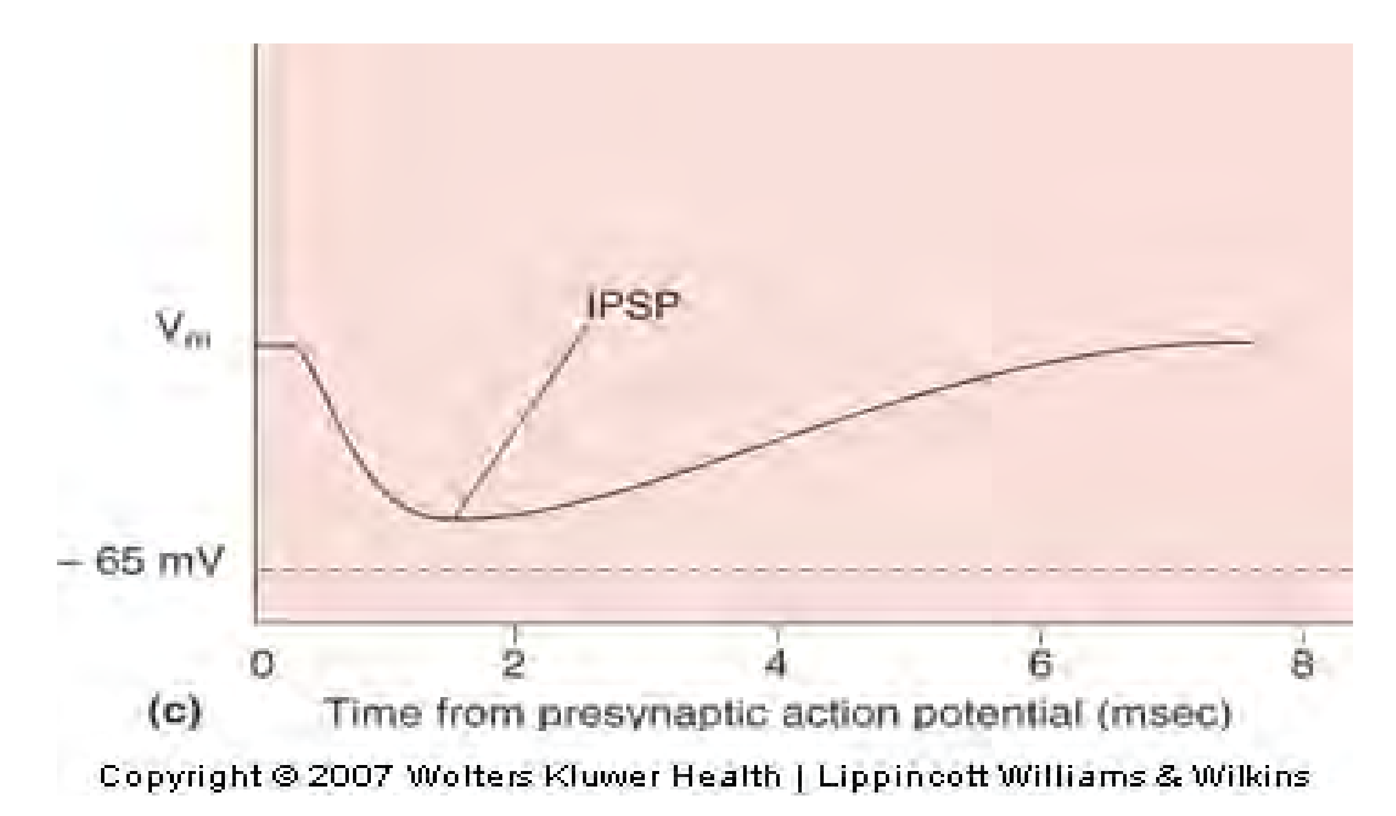
- UNE DÉPOLARISATION: correspond à la stimulation du neurone post synaptique et le potentiel est appelé potentiel post synaptique excitateur : PPSE

- (peut donner naissance à un PA)



- UNE HYPERPOLARISATION:

le neurone post synaptique est alors plus difficilement excitable et le potentiel est appelé potentiel post synaptique inhibiteur: PPSI



III- SYNAPSE EXCITATRICE ET POTENTIEL POST SYNAPTIQUE EXCITATEUR

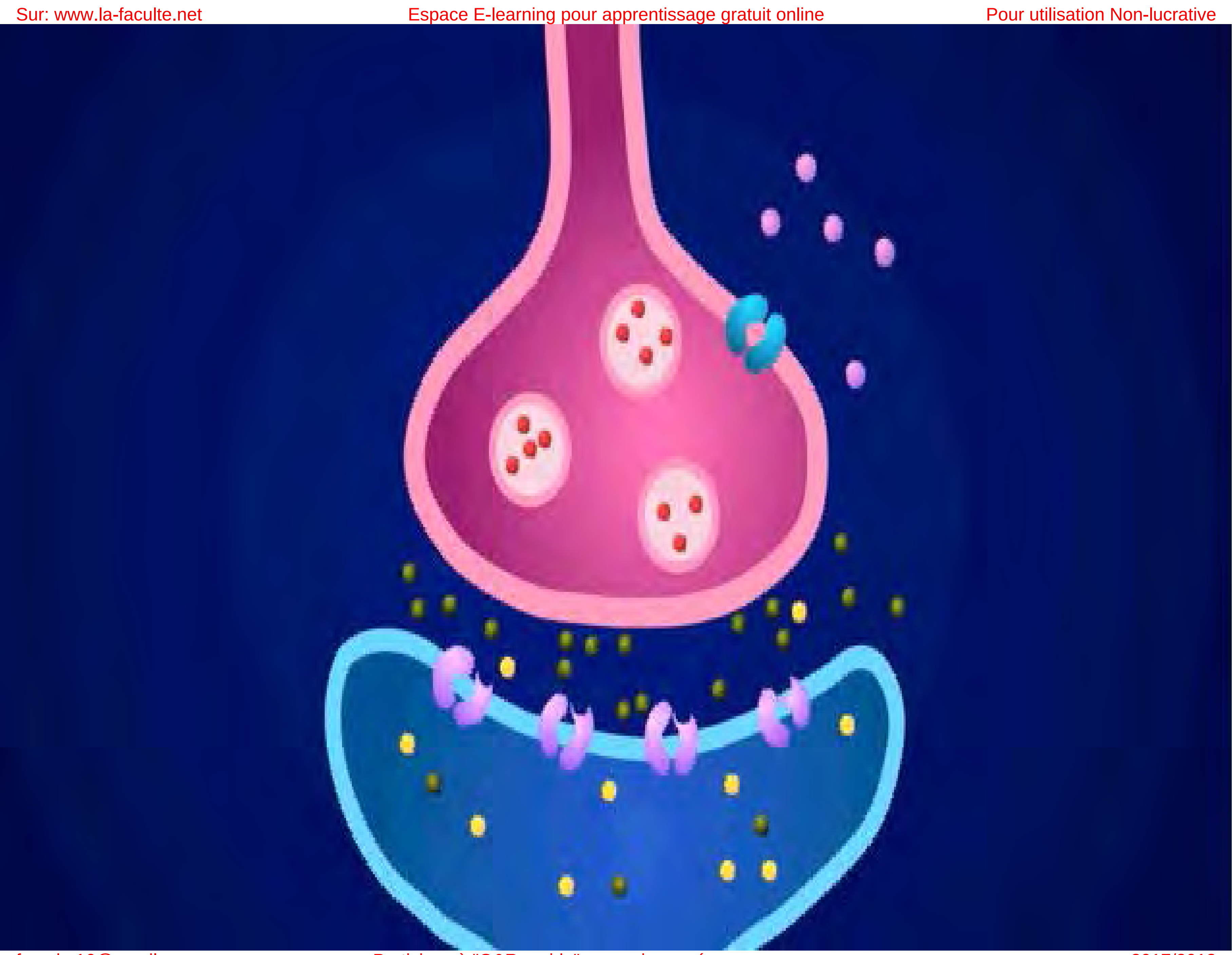
Le NT est libéré dans l'espace synaptique par exocytose

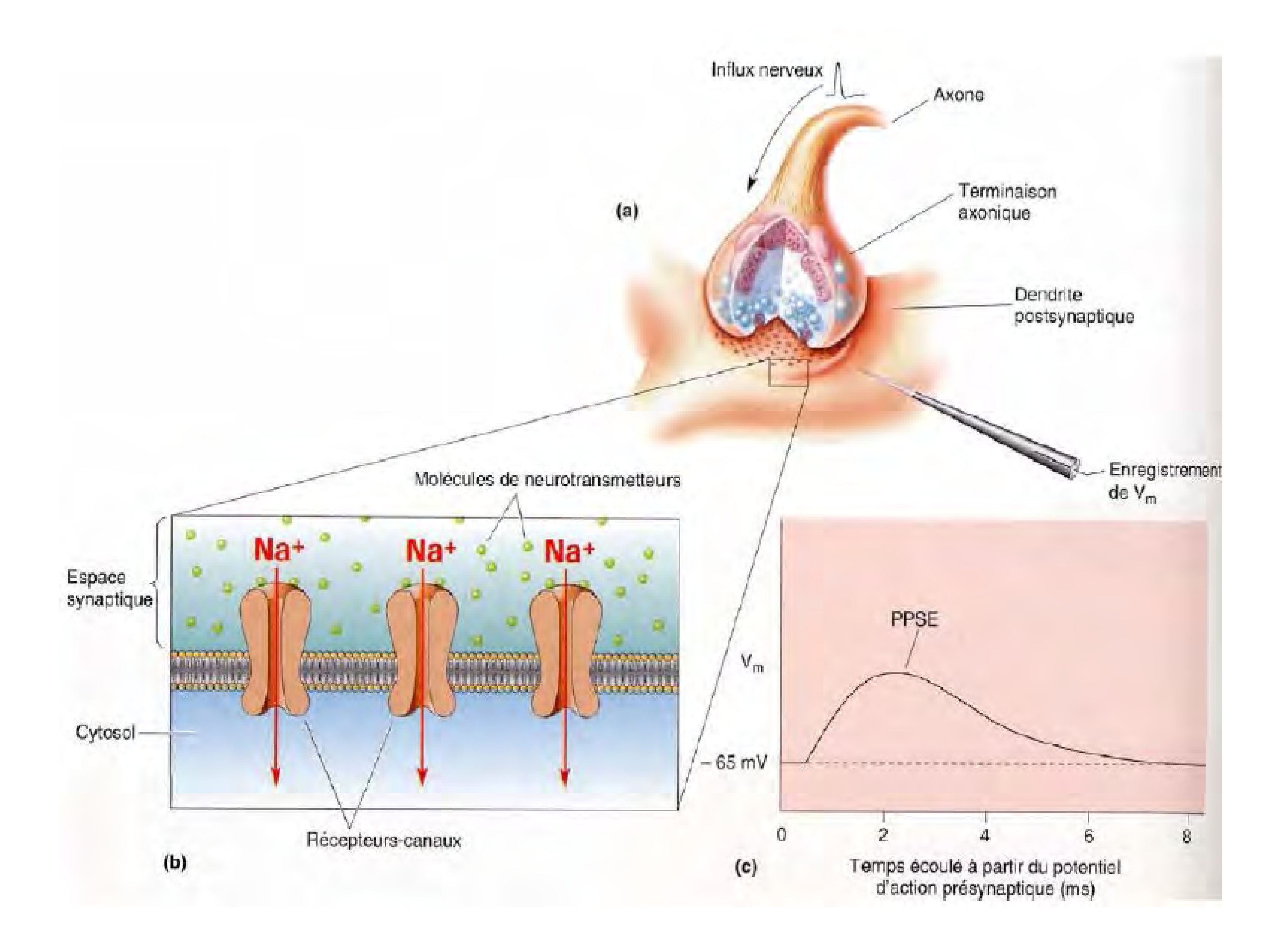
Il se fixe sur des récepteurs canaux situés dans la membrane postsynaptique.

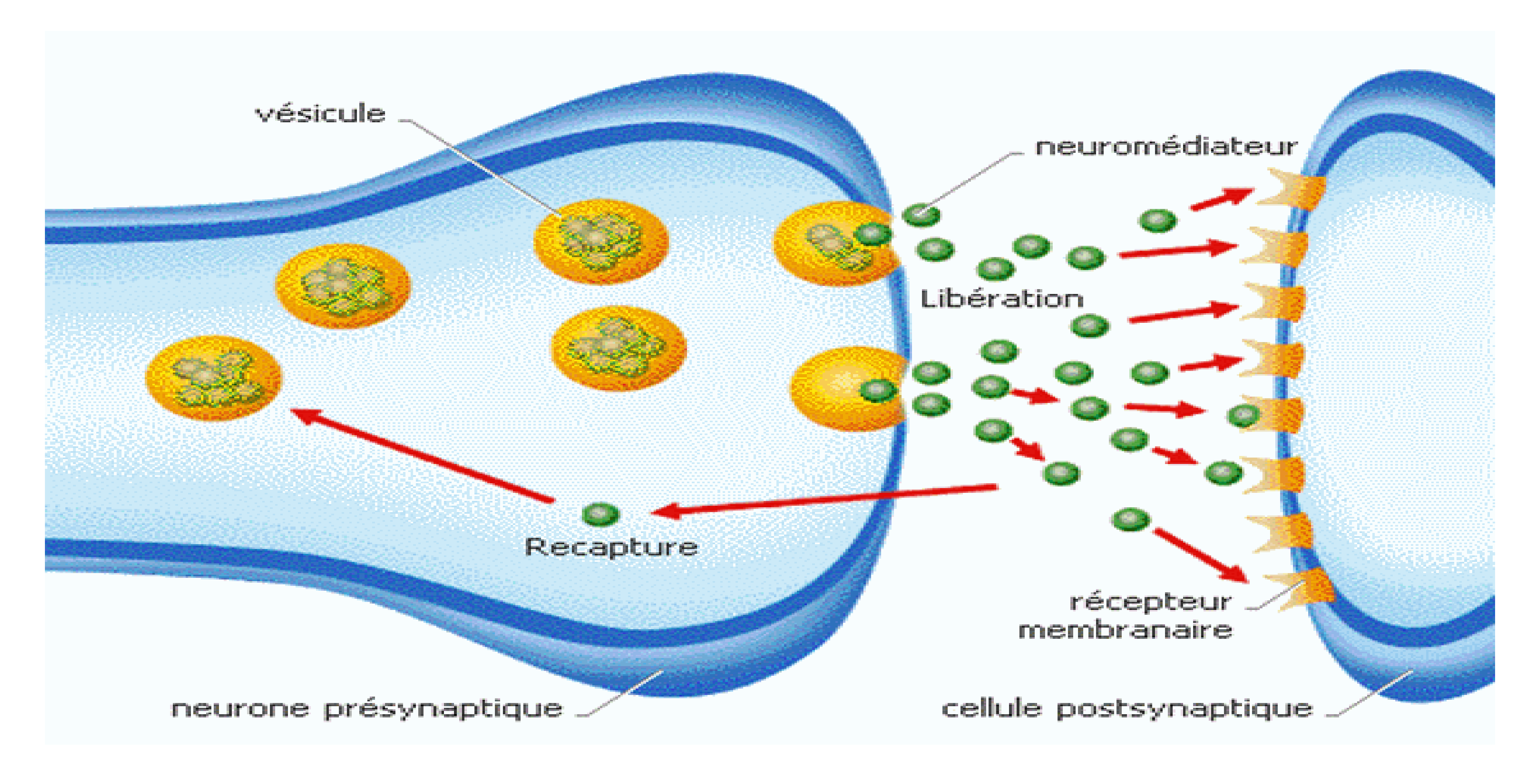
Ces récepteurs contrôlent des canaux ioniques perméables au Na+2 et au K+.

DEPOLARISATION

potentiel postsynaptique excitateur ou PPSE.




Influx nerveux
Axone
(a)
Terminaison axonique
Dendrite postsynaptique
Enregistrement de V_m
Molécules de neurotransmetteurs
Espace synaptique
Na+
Na+
Na+
Cytosol
Récepteurs-canaux
(b)
PPSE
V_m
– 65 mV
0
2
4
6
8
(c)
Temps écoulé à partir du potentiel d'action présynaptique (ms)


vésicule
neuromédiateur
Libération
Recapture
récepteur
membranaire
neurone présynaptique
cellule postsynaptique

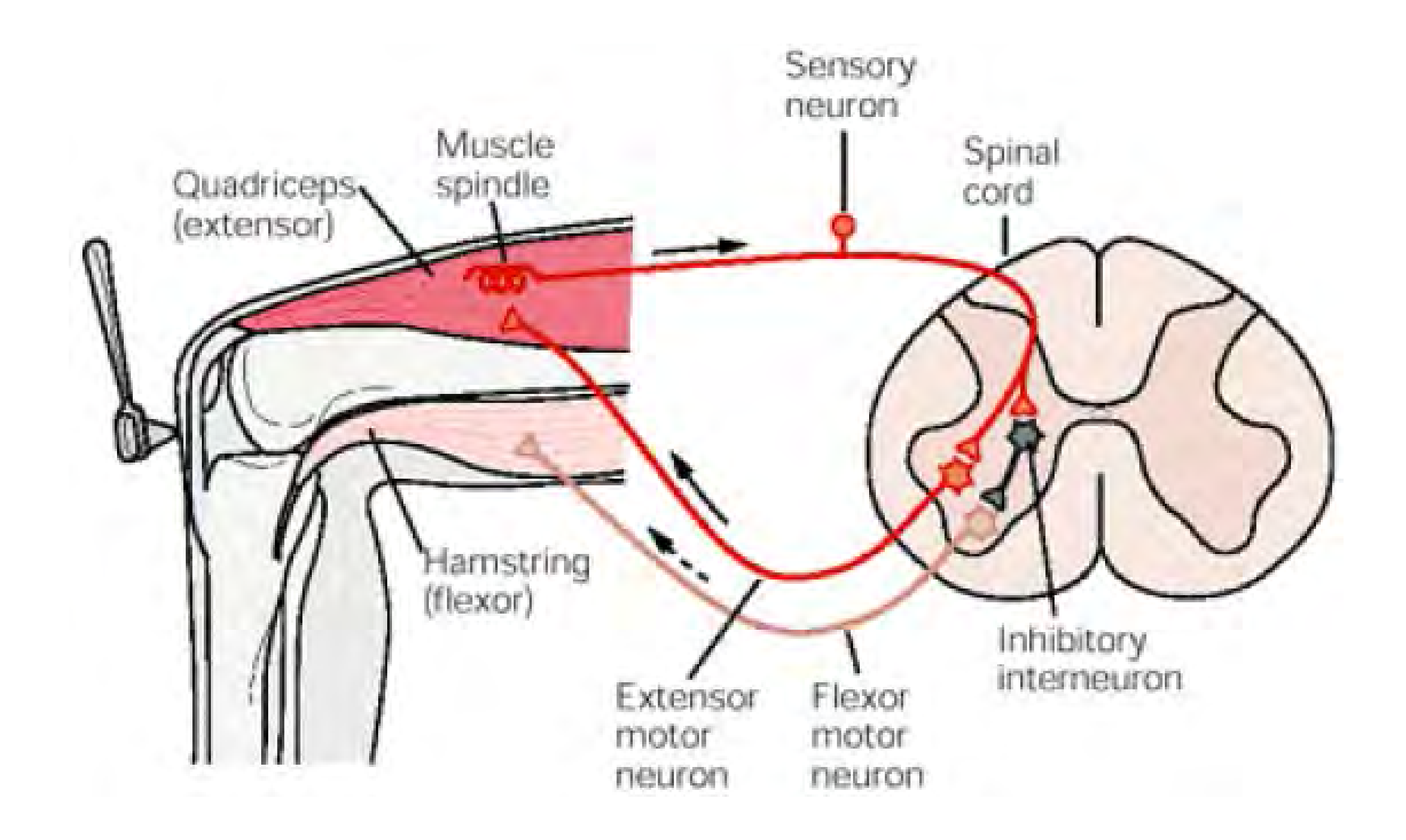
1- Mise en évidence du PPSE. ECCLES en 1955

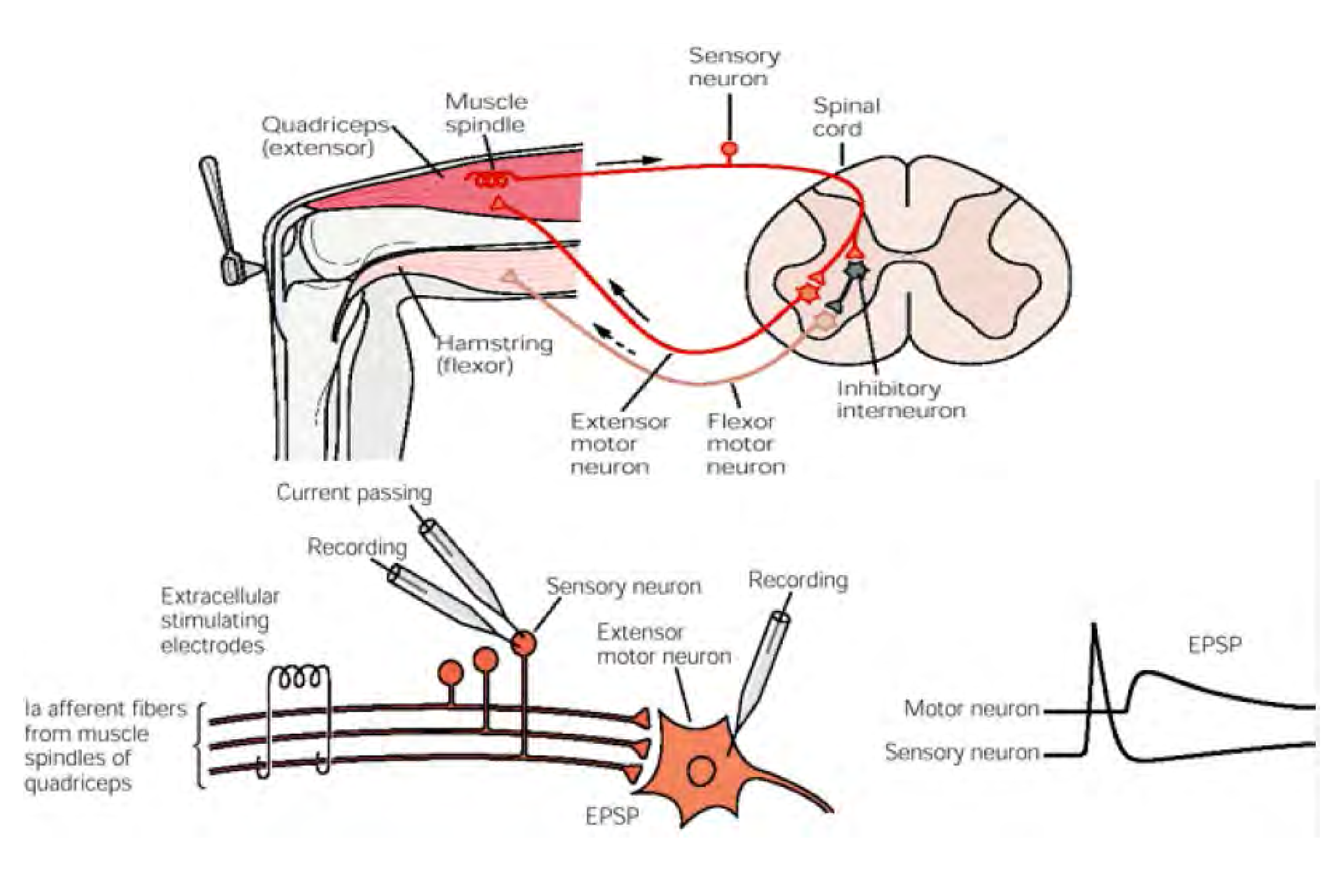
Circuit neuronal du réflexe d'extension de la jambe.

2 muscles antagonistes.

- un muscle fléchisseur
- un muscle extenseur
- une micro électrode est inséré dans le motoneurone dont dépend le muscle extenseur.

En passant un courant électrique à travers une microélectrode insérée à l'intérieur du corps cellulaire d'un neurone sensitif (fibres Ia) au niveau du ganglion de la racine dorsale, cela produit un PA qui va déclencher un PPSE au niveau du motoneurone innervant le muscle contrôlé par le neurone sensitif.


Sensory neuron
Muscle spindle
Quadriceps (extensor)
Spinal cord
Hamstring (flexor)
Inhibitory interneuron
Extensor motor neuron
Flexor motor neuron


Sensory neuron
Muscle spindle
Quadriceps (extensor)
Spinal cord
Hamstring (flexor)
Inhibitory interneuron
Extensor motor neuron
Flexor motor neuron
Current passing
Recording
Sensory neuron
Recording
Extracellular stimulating electrodes
Extensor motor neuron
EPSP
Motor neuron
Sensory neuron
Ia afferent fibers from muscle spindles of quadriceps
EPSP

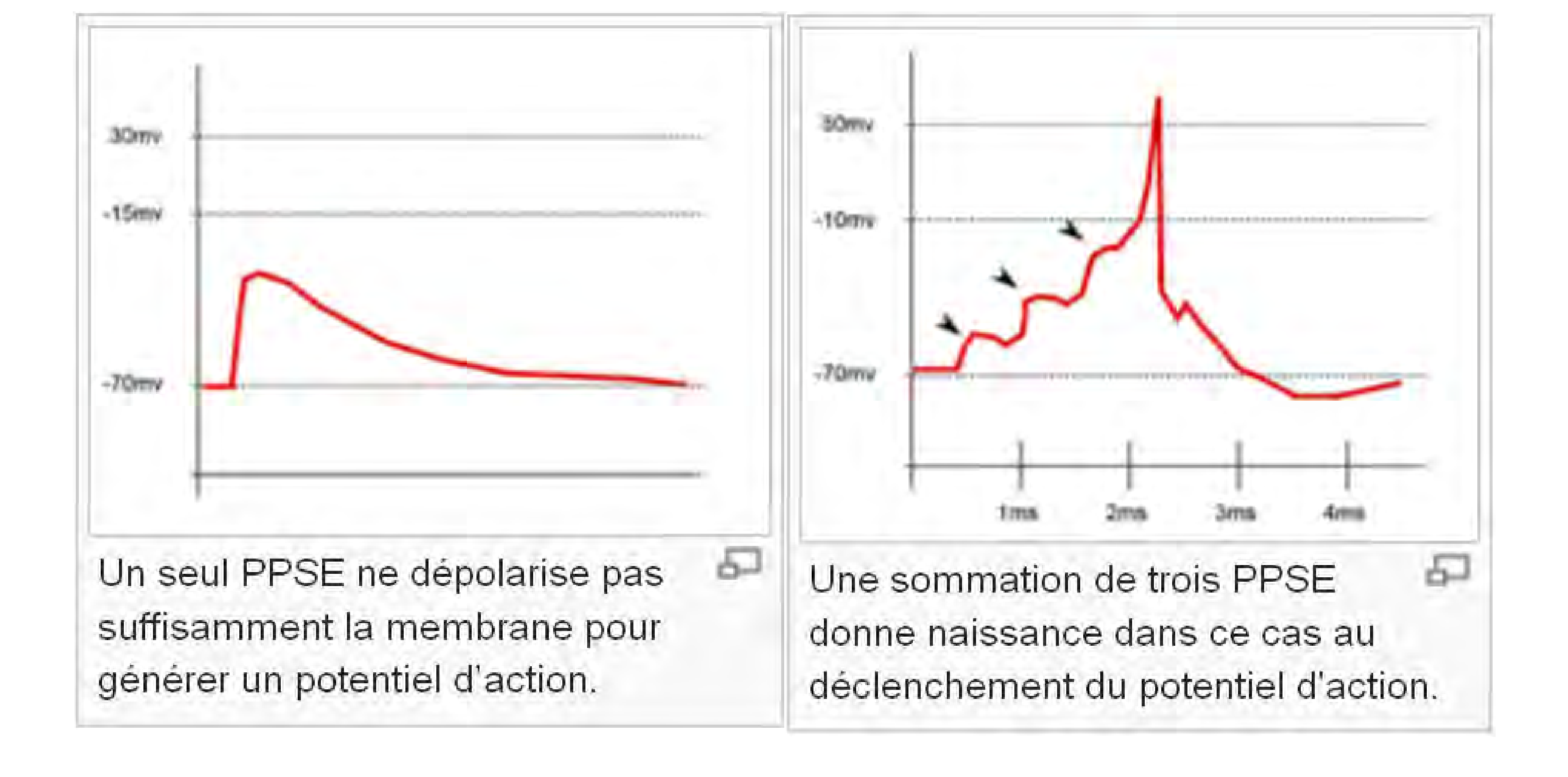
2- Caractéristiques électrophysiologiques du PPSE.

- Potentiel local.
- Délai synaptique: 0,3-0,5 ms.
- Décours temporel: présente 2 phases de durée inégales:
  - une phase de montée de 1-1,5ms
  - une phase de décroissance plus lente.
- Propriétés de sommation temporo- spatiales.

La répétition de stimulations à des intervalles réguliers permet d'atteindre le niveau critique de dépolarisation grâce à la sommation de 2 ou plusieurs PPSE.

De ceci, on déduit:

- N'obéit pas à la loi du tout ou rien
- Sommable
- Pas de période réfractaire.



Un seul PPSE ne dépolarise pas suffisamment la membrane pour générer un potentiel d'action.

Une sommation de trois PPSE donne naissance dans ce cas au déclenchement du potentiel d'action.

3- Mécanismes ioniques:

Fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs post synaptiques est à l'origine de l'ouverture de canaux locaux permettant une entrée massive et rapide de cations (Na+)

une dépolarisation locale à l'origine du PPSE.

caractéristiques de ces canaux:

- ne sont pas voltage dépendants mais chimiquement dépendants.
- ils ne sont pas bloqués par la tétrodotoxine(TTX).
- ils sont très larges ; ainsi ils permettent l'entrée simultanée de plusieurs cations.
- ils sont imperméables aux anions.

4- Les recepteurs :

Le principal NT excitateur du SNC est le GLUTAMATE

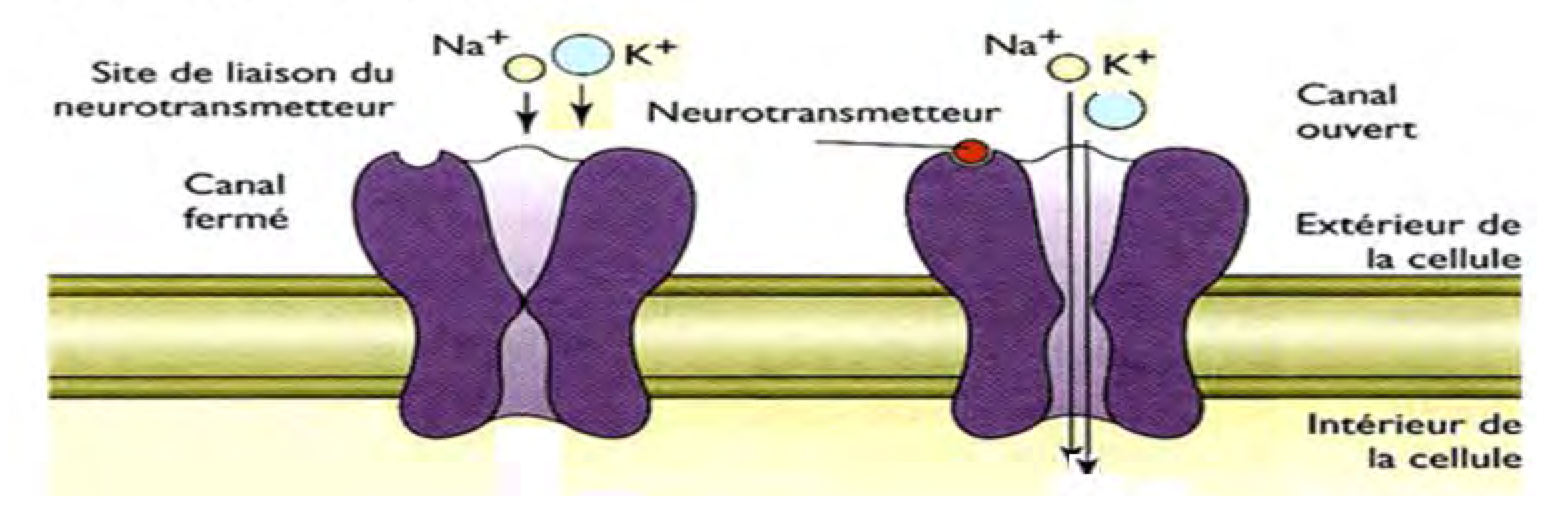
3 types de récepteurs post synaptiques au glutamate ont été identifiés.

- 2 Types de récepteurs ionotropiques

NMDA : perméable au Na+, K+, et Ca+2 (activé par le NMDA (N methyl D aspartate)

NonNMDA : perméable au Na+, K+ (activé par le kainate)

- Récepteurs metabotropiques qui sont liés au protéines G : vont activer un second messager qui va activer un canal ionique à distance



effector protein: enzyme

β receptor

NE

amine

Adenylyl cyclase

Potassium channel

1

2

3

4

5

G-protein

ATP

cAMP

Protein kinase

adenosine monophosphate= 2nd messanger

IV-SYNAPSE INHIBITRICE :

POTENTIEL POST SYNAPTIQUE INHIBITEUR.

Les récepteurs contrôlent des canaux ioniques perméables au chlore (Cl-)

ce qui a pour effet d'hyperpolariser la membrane postsynaptique,

cette hyperpolarisation s'appelle le potentiel postsynaptique inhibiteur ou PPSI.

- **1- Mise en évidence du PPSI.**

Le PA déclenche un PPSE dans un interneurone inhibiteur qui déclenche a son tour un PPSI au niveau du motoneurone qui innerve le muscle antagoniste

Sensory neuron
Muscle spindle
Quadriceps (extensor)
Spinal cord
Hamstring (flexor)
Inhibitory interneuron
Extensor motor neuron
Flexor motor neuron

Current passing
Recording
Inhibitory interneurons
Recording
Flexor motor neuron
Ia afferent fibers from muscle spindles of quadriceps
EPSP
IPSP
IPSP
Motor neuron
Interneuron

2- Caractéristiques électrophysiologiques du PPSI.

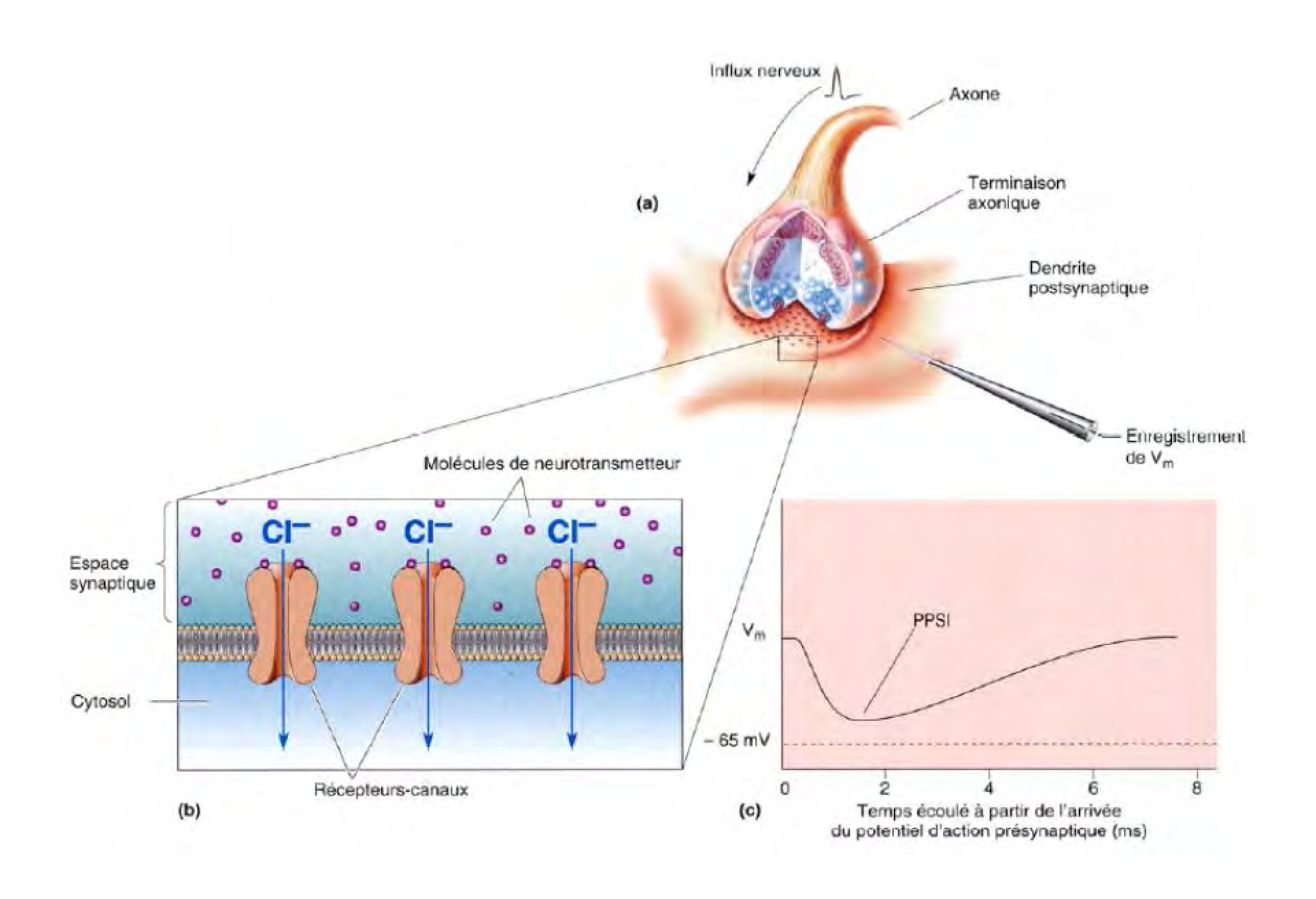
- Potentiel local
- Phénomène non propagé

- Absence de période réfractaire
- Sommable(n'obéit pas à la loi tout ou rien)

3 – Mécanismes ioniques.

- L'action du neurotransmetteur sur les récepteurs aboutit à une hyperpolarisation

- la combinaison NT-récepteurs permet l' ouverture de canaux locaux à la surface de la membrane post synaptique perméables notamment aux ions Cl^-.
- ces canaux sont chimiquement dépendants
- ne sont pas bloqués par le tétraethyl ammonium.


Influx nerveux
Axone
(a)
Terminaison axonique
Dendrite postsynaptique
Enregistrement de V_m
Molécules de neurotransmetteur
Espace synaptique
Cl^-
Cl^-
Cl^-
Cytosol
Récepteurs-canaux
(b)
V_m
PPSI
– 65 mV
0
2
4
6
8
(c)
Temps écoulé à partir de l'arrivée du potentiel d'action présynaptique (ms)

Les NT inhibiteurs majeurs du SNC sont le GABA (acide gamma amino butyrique) et la GLYCINE

les benzodiazépines et les barbituriques qui sont 2 classes importantes de médicaments , peuvent activer les récepteurs GABAergiques.

V- INTEGRATION SYNAPTIQUE

Le caractère excitateur ou inhibiteur d'une synapse dépend à la fois du neurotransmetteur libéré mais également des récepteurs post synaptiques.

Un même neurone peut être stimulé par une membrane présynaptique libérant un neurotransmetteur excitateur et inhibé par une autre membrane présynaptique libérant un neurotransmetteur inhibiteur.

Ainsi une même membrane post synaptique peut contenir des récepteurs excitateurs et inhibiteurs.

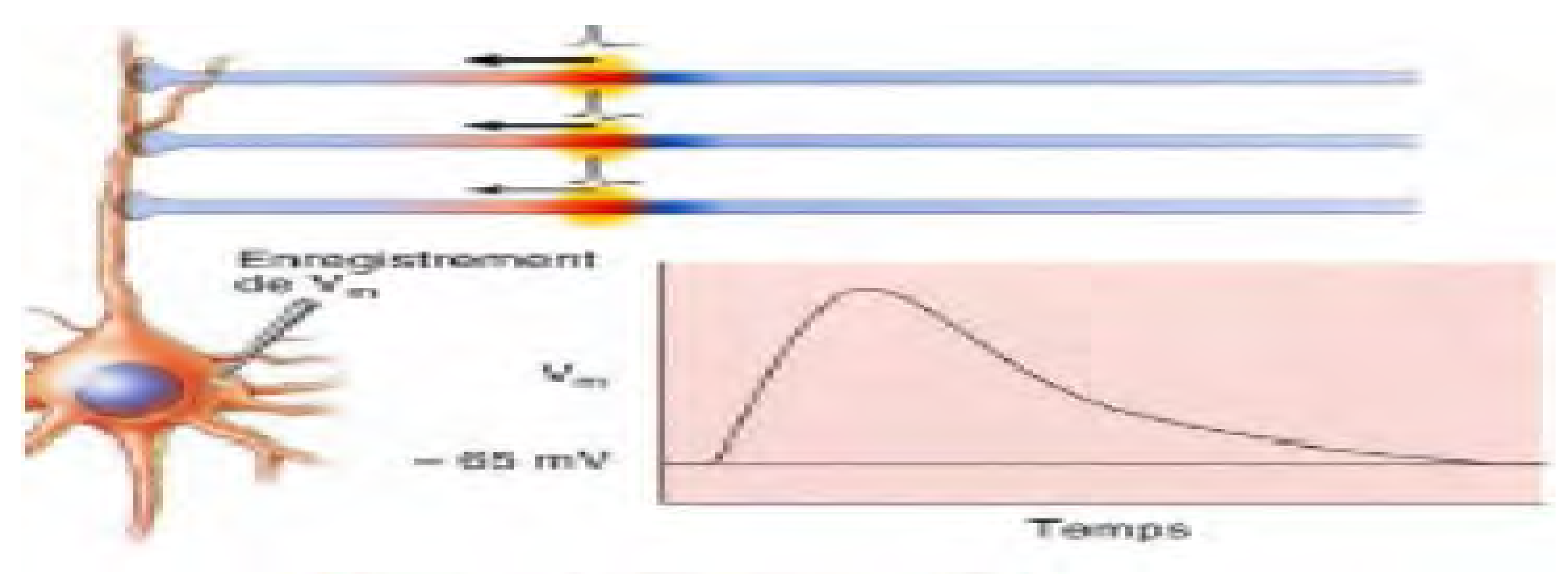
Les PPSE et PPSI possèdent des propriétés de sommation temporo-spatiales, ceci implique:

Afin de déclencher ou pas un PA le neurone doit effectuer des opérations complexes nécessitant la sommation des PPS : c'est l'intégration synaptique ou pouvoir intégrateur des synapses.

Même avec l'intégration de l'effet de l'ensemble des PPSE générée sur une dendrite peut ne pas être suffisante pour déclencher un PA.

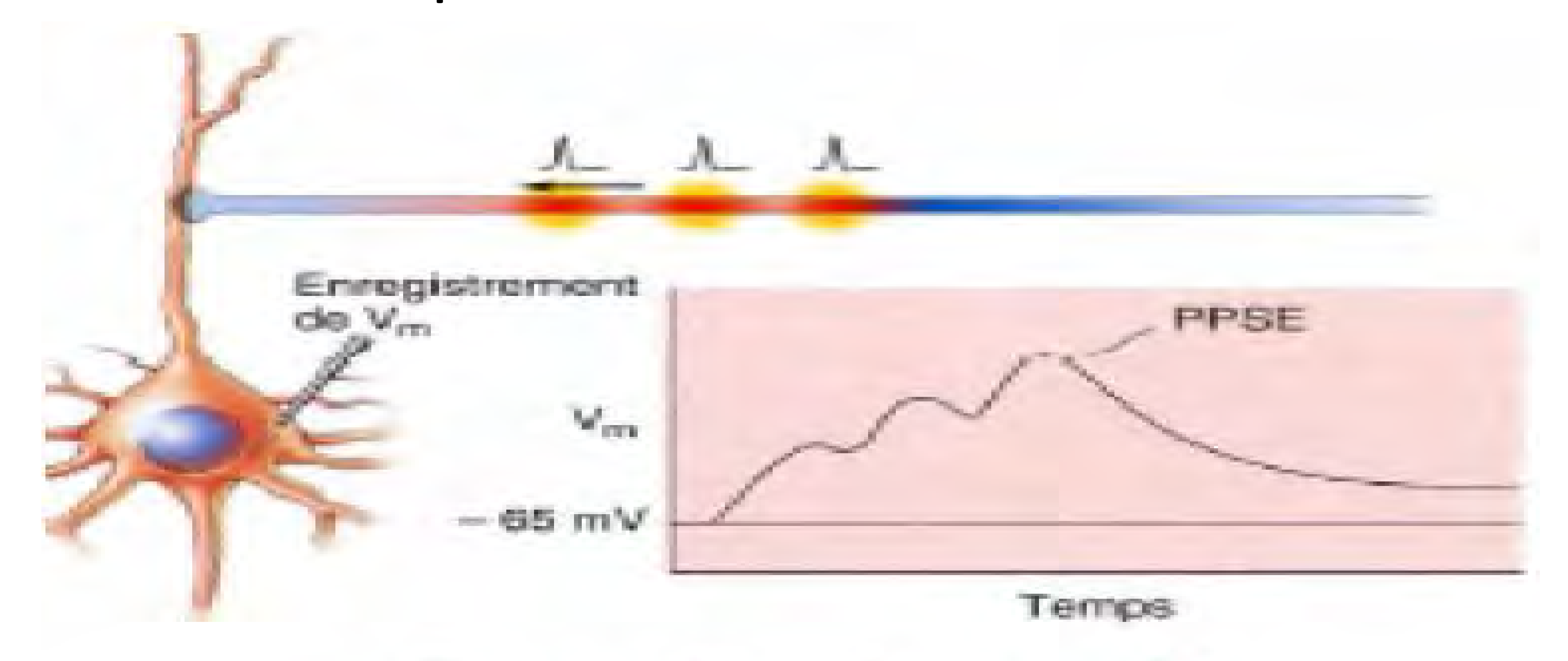
Il existe 2 types de sommation.

La sommation spatiale : correspond à l'addition de tous les PPSE générés simultanément au niveau des synapses d'un même dendrite.



Sommation spatiale

La sommation temporelle : correspond à l'addition de tous les PPSE générés au niveau d'une même synapse lorsque les PPSE se succèdent rapidement.



2- Facilitation et anti facilitation

La sommation de 2 ou plusieurs PPS peut s'avérer insuffisante pour atteindre le seuil.

La membrane est alors " facilitée ": le potentiel de membrane est plus prés du seuil que lorsqu'elle est au repos ce qui facilitera l'action excitatrice d'autres messages .

Inversement, on peut observer une diminution du pouvoir de réponse à la suite d'une stimulation conditionnante, c'est l'anti facilitation ou occlusion.

VI- Conclusion:

La transmission synaptique chimique dans le SNC présente des similitudes avec la transmission neuro-musculaire mais il existe cependant des différences essentielles.

_ Dans le SNC , la transmission synaptique peut être soit excitatrice soit inhibitrice.

Le PPSE se situe à une valeur inférieure à 1 mV.

_ Les neurones centraux reçoivent des messages de centaines de neurones , alors qu'1 seule fibre nerveuse innerve 1 seule fibre musculaire.